

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.
MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.
VIII^e SÉRIE.
ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ. CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.
Томъ III. № 6. **Volume III. № 6.**

ÜBER

DIE AUSGANGSPUNKTE UND POLARISATION
DER X-STRAHLEN.

VON
Fürst **B. Galitzin** und **A. v. Karnojitzky.**

(Vorgelegt der Akademie am 6. März 1896.)

(Mit 14 phototypischen Tafeln.)

C.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1896. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:
Н. Н. Глазунова, М. Эггера и Комп. и К. Л. Риккера
въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ и Варшавѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Ключкина въ Москвѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:
J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et C. Ricker à St.-Péters-
bourg,
N. Karbasnikof à St.-Petersbourg, Moscou et Varsovie,
N. Oglobline à St.-Petersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipzig.

Цена: 1 р. 20 к. — Prix: 3 Mk.

Gedruckt auf Verfügung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
St. Petersburg, April 1896.

N. Dubrowin, beständiger Secretär.

Buchdruckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

Wass. Ostr., 9 Linie, № 12.

EINLEITUNG.

Herr Prof. Röntgen hat in Anschluss an die früheren Untersuchungen von Herrn Leonard uns mit den so merkwürdigen Eigenschaften der aus einer Crookes'schen Röhre ausgehenden Strahlen, die er provisorisch als X-Strahlen bezeichnet, bekannt gemacht; die wichtige Frage nach dem Wesen dieser Strahlen steht jedoch noch immer offen. Herr Röntgen hat die Vermuthung ausgesprochen, dass diese neuen Strahlen möglicherweise den longitudinalen Schwingungen des Aethers zuzuschreiben seien. Zieht man anderseits die grosse Aehnlichkeit in Betracht, welche die X-Strahlen mit den gewöhnlichen ultravioletten Strahlen aufweisen, nämlich ihre photo-chemische und fluorescierende Wirkung und ihre Einwirkung auf electrostatisch geladene Körper, so lässt es sich vermuthen, dass diese neuen Strahlen den ultravioletten wirklich sehr nahe stehen und etwa Theilen des gewöhnlichen Spectrums angehören, die hinter den ultravioletten liegen und denen die kürzesten Wellenlängen entsprechen. Mit anderen Worten, die X-Strahlen sind nach dieser Vermuthung einfach den transversalen Schwingungen des Aethers mit sehr kurzen Schwingungsperioden zuzuschreiben. Für welche von diesen beiden einander gegenüber stehenden Ansichten man sich zu entscheiden hat, ist bis jetzt noch nicht endgültig gezeigt worden. Diese offene, für die Lichttheorie jedoch äusserst wichtige Frage könnte theilweise gelöst werden, wenn es gelingen würde die Polarisationserscheinungen für die X-Strahlen nachzuweisen, was bis jetzt unseres Wissens noch nicht geschehen ist. Der Zweck vorliegender Arbeit bestand nun darin, nach einer Polarisation der X-Strahlen zu suchen. Die ersten, vorläufigen, mit gewöhnlichen Nicols angestellten Versuche haben jedoch zu keinem entscheidenden Resultate geführt, nur hat es sich dabei herausgestellt, dass es, um diese Frage wirklich streng ver-

folgen zu können, notwendig ist, die Ausgangsstellen der X-Strahlen genauer feststellen zu können, wie es denn überhaupt wichtig ist, über die Emissionscentra der neuen Strahlen klar zu werden, wenn die verschiedenen Eigenschaften der X-Strahlen in rationeller Weise untersucht werden sollen. Durch den ersten Misserfolg wurden wir gezwungen, unsere Aufmerksamkeit dieser zweiten Frage zuzuwenden und uns zuerst nur mit der Frage nach der genaueren Feststellung der Ausgangspunkte der X-Strahlen aus einer Crookes'schen Röhre zu beschäftigen. Wir haben verschiedene Typen von Röhren untersucht; die Resultate dieser Untersuchungen seien im Folgenden mitgeteilt, wobei wir uns gestatten auf verschiedene Einzelheiten näher einzugehen, da diese Versuchsergebnisse für diejenigen, welche die Eigenschaften der X-Strahlen weiter zu untersuchen beabsichtigen, vielleicht von Nutzen sein könnten.

Dementsprechend zerfällt unsere Abhandlung in folgende 3 Abschnitte: Experimentelle Feststellung der Ausgangspunkte der X-Strahlen, Besprechung der Versuchsergebnisse und schliesslich die Polarisierung der X-Strahlen.

§ 1.

Experimentelle Feststellung der Ausgangspunkte der X-Strahlen.

Wenn man verschiedene Gegenstände mit Hilfe der X-Strahlen photographirt, so lässt schon die ausserordentliche Schärfe der erhaltenen Bilder in den verschiedenen Theilen einer grossen photographischen Platte sofort erkennen, dass die Ausgangsstellen der X-Strahlen auf einen sehr kleinen Raum, eventuell Fläche, beschränkt sind, wie es beispielsweise aus den am Schlusse beigefügten photographischen Aufnahmen № 1, 2 und 18 zu ersehen ist.

Um nun diese Ausgangsstellen genau bestimmen zu können, haben wir folgende Versuchsanordnung getroffen. Eine dünne Holzplatte wurde in regelmässige Quadrate eingetheilt und in jeder Ecke der Quadrate ein Nagel hineingeschlagen. Von solchen Platten wurden drei Modelle verfertigt. Auf dem ersteren, gröberen Modell, welches nur für die ersten Versuche gedient hat, wurde die Entfernung zweier benachbarter Nägel gleich 3 cm, auf dem zweiten und dritten, feineren Modelle dagegen gleich 1 cm. Die Gesamtzahl der Nägel auf der zweiten, kleineren Platte, welche zur Untersuchung der kleineren Crookes'schen Röhren gedient hat, betrug 169, die auf der dritten, grösseren 459. Die Nägelsysteme wurden auf möglichst empfindliche photographische Platten, die in zwei besonderen, wie durch Vorversuche festgestellt wurde, für gewöhnliches Licht undurchdringlichen Couverts sich befanden, aufgelegt. Ueber der Holzplatte wurde alsdann in einer Entfernung von wenigen mm von derselben die zu untersuchende Crookes'sche Röhre in einem Stativ eingeklemmt und mit den Polen eines starken Inductoriums verbunden. Die relative Lage der Crookes'schen Röhre in Bezug auf die Platte wurde mittelst eines Bleidrahtes markirt, der entsprechend den Contouren der Röhre zwischen den Nägeln auf die Holzplatte aufgelegt wurde, wobei wir besondere Aufmerksamkeit verwandt haben, um mittelst des Lotes eine genaue Einstellung und Justirung des Apparates zu treffen. Die Lage der Kathode und Anode wurde gewöhnlich ebenfalls durch aufgelegte kleine Drahtstücke bestimmt.

Lässt man einen starken Strom durch die Crookes'sche Röhre gehen, so erhält man nach einer Expositionszeit, die von der Beschaffenheit der zu untersuchenden Röhre unmittelbar abhängt, eine photographische Aufnahme der Nägel, die nach Entwicklung ein System von Schatten aufweist, welches letztere auf den Ausgangspunkt der X-Strahlen in sehr klarer und übersichtlicher Weise unmittelbar hinweisen.

In dieser Weise wurden 13 verschiedene Röhren untersucht und zwar öfters jede

Röhre in verschiedenen Stellungen, wobei die Kathode und Anode zuweilen gewechselt wurden. Es sind ungefähr 40 Versuche in dieser Weise ausgeführt worden.

Die wichtigsten der erhaltenen Resultate sammt der Beschreibung der Versuchsbedingungen seien im Folgenden mitgetheilt.

№ I. Kleine birnenförmige Röhre. Länge ungefähr 9 cm; maximaler Durchmesser etwa 6,5 cm. Flache Kathode, punktförmige Anode.

1) Horizontale Stellung der Röhrenaxe. Kathode bei *K* (siehe Fig. 3). Die Anode befand sich an der Seite des Rohrs¹⁾. Es ergab sich, wie aus der Figur zu ersehen ist, dass die Ausgangsstelle der X-Strahlen sich auf eine im Verhältniss zu den Dimensionen der Röhre kleine Fläche beschränkt, deren Centrum in die Nähe von *O* sich projecirt und die wir der Kürze wegen im Folgenden als Ausgangspunkt oder Ausgangscentrum bezeichnen werden. Der Versuch wurde vier Mal wiederholt. Hierbei ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass dieses Centrum seinerseits aus zwei oder mehreren strahlenden Elementen besteht, in diesem wie auch in einigen anderen der folgenden Fälle.

Es ist ausserdem klar, dass dieses Centrum in einer zur Ebene der Platte senkrechten Linie liegt, die durch *O* geht. Dass die Lage dieses Centrums ungefähr dem Durchkreuzungspunkte dieser Linie mit der Röhrenaxe entspricht, darauf scheint der Versuch 2 hinzudeuten.

2) Dasselbe Rohr in verticaler Stellung. Es ergeben sich scheinbar zwei getrennte Systeme von Schatten, welche zwei Ausgangsstellen entsprechen; die eine liegt auf der Axe des Rohres, die andere ist etwas verschoben und zwar, wie es scheint, abhängig von der Lage der Anode.

№ II. Cylindrische Röhre mit einer verengten Fortsetzung am Ende. Durchmesser etwa 3,5 cm. Concave Kathode. Die Anode bestand aus einer kleinen runden Scheibe, die gegenüber der Kathode auf der Cylinderaxe sich befand und die durch die grosse Erwärmung weich geworden ist und sich zu beiden Seiten verbogen hat. Entfernung zwischen Anode und Kathode ungefähr 11 cm.

3) Horizontale Stellung der Röhre. Fig. 4.

Scharf abgegrenztes Ausgangscentrum gegenüber der Kathode in unmittelbarer Nähe von *A* ungefähr 2,5 cm vom Ende der Röhre entfernt. Ein zweites sehr deutliches, wenn auch weniger starkes Centrum (schwächere Schatten) liegt hinter der Anode ungefähr bei *O*.

№ III. Cylindrische Röhre. Länge 12,5 cm; Durchmesser 3,5 cm. Flache Kathode von 1 cm Durchmesser; die Anode war ein mit dem Röhrenmantel concentrischer Cylinder von 3,5 cm Länge und 2 cm Durchmesser. Das Ende der Anode war vom Röhrenscheitel 4,5 cm entfernt (siehe Fig. 5: *AAA'A'* — Anode, *K* — Kathode).

¹⁾ Im Folgenden werden wir auf den Figuren überall die Kathode und die Anode entsprechend mit den Buchstaben *K* und *A* bezeichnen.

4) Horizontale Stellung der Röhre (Fig. 5). Hauptausgangscentrum in der Nähe von *O*, ungefähr 7 mm vom Röhrenende entfernt; ein zweites, schwächeres Centrum in der Nähe von *O'*, also, wie es scheint, in Zusammenhang mit der Anode.

№ IV. Kugelförmige Röhre von ungefähr 11,5 cm Durchmesser. Concave Kathode in einer Entfernung von 2 cm von der Wand. Die Anode hatte die Form eines kleinen cylindrischen Stiftes und befand sich nicht gegenüber der Kathode. Mit dieser Röhre wurden im ganzen 7 Versuche ausgeführt.

5) Horizontale Stellung der Anoden- und Kathoden-Axe. Anode durch einen T-förmigen Stift bezeichnet (siehe Fig. 6). Zwei starke sehr deutlich erkennbare Centra; das eine projecirt sich in der Nähe der Kathode bei *O* und *nicht* auf der gegenüber liegenden Wand, wo ein ziemlich starker Fluoreszenzfleck vorhanden war, das andere in der unmittelbaren Nähe der Anode bei *O'*.

6) Derselbe Versuch nach Vertauschung der Anode und Kathode. Anode bei *A*, Kathode bei *K*, durch einen kleinen Kreis bezeichnet. Siehe Fig. 7. Wiederum zwei Centra; das eine in der Nähe von *A*, scheinbar im Brennpunkte der Electrodenfläche, das andere in der Nähe von *K*.

№ V. V-förmige Röhre von 2,5—3 cm Durchmesser. Flache Kathode, punktförmige Anode.

7) Horizontale Stellung der Röhrenaxe. Die grosse Hitze sprengte das Rohr nach ungefähr 1½ Minuten. Auf dem erhaltenen Negativ erkennt man jedoch deutlich das Vorhandensein eines scharfen Centrums, welches mit der Oberfläche der Röhre in der äusseren Biegungsstelle zusammenzufallen scheint. Sehr scharf begrenzte Schatten.

№ VI. Neue kugelförmige Röhre. Durchmesser ungefähr 10,5 cm; flache Kathode, ungefähr 1 cm von der Röhrenwand entfernt; Anode von der Form eines cylindrischen Stiftes. Die Axen der Anode und Kathode standen auf einander rechtwinklig.

8) Horizontale Stellung der Anoden- und Kathoden-Axe. Zwei Ausgangscentra; das eine *gegenüber* der Kathode, wie es scheint, im Innern der Röhre, das andere in der Nähe der Anode.

9) Derselbe Versuch nach Vertauschung der Electroden. Wiederum zwei Centra; das eine, kräftigere, in der Nähe der jetzigen Kathode, das andere, ziemlich verwaschene, wie es scheint, im Innern der Röhre.

№ VII. Grosse birnenförmige Röhre; Länge ungefähr 24 cm; maximaler Durchmesser 11 cm. Flache Anode und Kathode; die Axen beider standen auf einander rechtwinklig.

10) Horizontale Stellung der Röhrenaxe. Siehe Fig. 8. Starkes Centrum gegenüber der Kathode bei *O*. Man erkennt noch ein zweites schwaches Centrum, wie es scheint, auf der Röhrenaxe in der Nähe von *O'*.

11) Wiederholung desselben Versuches bei etwas anderer Stellung der Röhre in Bezug auf die Holzplatte.

12) Derselbe Versuch wie 10 und 11 mit vertauschten Electroden. Nur ein Centrum in der Nähe von *O*. Fig. 9.

13) Dieselbe Röhre in verticaler Stellung; Kathode auf der Axe der Röhre. Die Ausgangsstellen der X-Strahlen beschränken sich auf ein im Verhältniss zu den Röhrendimensionen kleine Fläche, deren Centrum auf die Röhrenaxe bei *O* sich projecirt. Fig. 10.

№ VIII. Kleine cylindrische Röhre von 18 cm Länge und 2—2,5 cm Durchmesser mit 2 langen ganz gleichen cylindrischen, in der Axe der Röhre einander gegenüber stehenden Electroden, deren Enden etwa 5—6 mm von einander entfernt stehen.

14) Horizontale Stellung der Röhre. Die Fortsetzungen der Schattenaxen schneiden sich in einem Punkt, der auf der Kathode in einem Abstand von ungefähr 0,5 cm von ihrem inneren Ende liegt. Vergl. Fig. 11.

№ IX. Grosse cylindrische Röhre von ungefähr 26 cm Länge und 4—4,5 cm Durchmesser. Flache Kathode; Anode von der Form eines Stiftes. Entfernung der Kathode vom Scheitel der Röhre 23,5—24 cm.

15) Horizontale Stellung der Röhre. Hauptausgangspunkt gegenüber der Kathode bei *O*. Ausser diesem stark ausgeprägten Centrum kann man noch eine Reihe viel schwächerer Centra vermuthen, die sich auf die Axe der Röhre projeciren. Fig. 12.

16) Derselbe Versuch nach Vertauschung der Anode und Kathode. Fig. 13 zeigt das Vorhandensein mehrerer Centra, von denen 3 von der Kathode abzuhängen scheinen und in 0,0' und 0'' liegen. Ein viertes Centrum befindet sich in 0''' gegenüber der jetzigen Anode beinahe an derselben Stelle, wo das frühere Kathodecentrum war. Ausserdem kann man noch ein schwaches Centrum am Anfang der Röhre in der Nähe der jetzigen Anode vermuthen.

Es sei hier bemerkt, dass die Spitze der jetzigen Kathode von zwei kleinen sich schneidenden ebenen Flächen gebildet wurde, die wahrscheinlich die zwei hellen Fluoreszenzflecken in der Nähe von 0' und 0'' verursachten.

№ X. Andere cylindrische Röhre; Länge 21,5 cm, Durchmesser 3,5 cm. Concave Kathode und kleine flache, gegenüber der Kathode liegende Anode. Abstand zwischen Anode und Kathode 12 cm.

17) Horizontale Stellung der Cylinderaxe. In der Folge schmolz durch die grosse Hitze die Anode, so dass letztere sich verbog, und erst dann konnte das Vorhandensein der X-Strahlen in der Versuchsröhre nachgewiesen werden. Bei einer früheren Exposition von 15 Minuten mit der heilen Anode waren auf der photographischen Platte keine Spuren von photo-chemischen Wirkungen nachzuweisen. Nach Verschmelzen der Anode traten Fluoreszenzerscheinungen am Ende der Röhre auf, die jedoch nur $\frac{1}{2}$ Minute dauerten, da die

Röhre sprang. Trotz der Kürze der Expositionszeit waren auf dem erhaltenen Negativ zwei deutliche Centra zu erkennen, deren eines mit dem Scheitel der Röhre zusammenzufallen scheint, das andere, viel schwächere, dagegen im Abstände von ungefähr $1\frac{1}{2}$ cm von dem ersten auf die Axe der Röhre in der Nähe der Anode sich projecirt.

№ XI. Birnenförmige Röhre neueren Modells. Länge 13 cm; maximaler Durchmesser ungefähr 7 cm; schwach concave Kathode, punktartige Anode mit unbestimmten Umrissen.

18) Horizontale Stellung der Röhre. Nur ein scharf ausgeprägtes Centrum gegenüber der Kathode in der Nähe von *O*. Fig. 14.

№ XII. Neue kugelförmige Röhre von 11 cm Durchmesser, ähnlich der Röhre № VI, nur dass sich die Axen der Anode und Kathode unter einem Winkel von ungefähr 140° schneiden, während im früheren Falle dieser Winkel 90° betrug.

19) Horizontale Stellung der Anoden- und Kathodenaxe. Ein starkes Centrum gegenüber der Kathode, das einer relativ grossen Fläche entspricht. Daneben tritt in der unmittelbaren Nähe der Anode ein zweites viel schwächeres, aber doch deutliches Centrum auf. Fig. 15.

20) Derselbe Versuch nach Vertauschung der Electroden. Starkes und ziemlich ausgedehntes Centrum in der Nähe der jetzigen Kathode und, wie es scheint, noch zwei andere schwache Centra, von denen eines gegenüber der Anode in der Nähe der Röhrenwand liegt, das zweite dagegen in der Nähe der Anode selbst sich befindet. Fig. 16.

№ XIII. Kugelförmige Röhre mit einem Durchmesser von 9 cm. Die concave Kathode und die flache Anode liegen einander gegenüber.

21) Kathodenaxe in horizontaler Stellung. Die Röhre war ungenügend evacuirt und das erhaltene Negativ sehr schwach, doch konnte man ein gut ausgeprägtes Centrum hinter der Anode in ihrer unmittelbaren Nähe gut erkennen.

§ 2.

Besprechung der Versuchsergebnisse.

Aus der Gesamtheit der von uns auf Grund der Untersuchung von 13 Röhren ermittelten Thatsachen lassen sich folgende allgemeine Schlüsse ziehen, die theilweise der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St-Petersburg schon am 7 (19) Februar mitgetheilt wurden.

1) Das Ausgangsgebiet der X-Strahlen beschränkt sich, wie es aus der Schärfe der erhaltenen Nägelschatten folgt, im Allgemeinen auf eine kleine Fläche, die wir, wie gesagt, der Kürze halber als Ausgangscentrum bezeichnen. In cylindrischen Röhren ist diese Ausgangsfläche, wie es scheint, meistens weniger ausgedehnt als in birnenförmigen und in diesen

letzteren wiederum weniger als in kugelförmigen Röhren, wie man aus dem Vergleiche der Schärfe der erhaltenen Schatten in allen diesen drei Fällen schliessen kann. Man betrachte die beigelegten Abbildungen.

2) Das Hauptcentrum der X-Strahlen verdankt seinen Ursprung der Kathode.

3) In manchen Fällen lassen sich ausser dem Hauptcentrum der X-Strahlen noch weitere secundäre Ausgangscentra erkennen, gewöhnlich nur eines, aber zuweilen auch mehrere. Vergleiche die *Versuche*: 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 15, 16, 17, 19 und 20.

4) Aus einer genaueren Betrachtung der Figuren 5, 6, 7, 13, 15 und 16 lässt sich wohl der Schluss ziehen, dass eines von den secundären Centra unmittelbar von der Anode herrührt. Besonders deutlich tritt dies auf Fig. 13 hervor, wo das Centrum O'' ganz gegenüber der Anode liegt und zwar, wie es scheint, an der Stelle des früheren Kathodencentrums.

5) Das Anodencentrum ist schwächer als das entsprechende Kathodencentrum

6) Betrachtet man die Lage der Ausgangspunkte der X-Strahlen bezüglich der Conturen der entsprechenden Röhren, so scheinen diese Centra zuweilen ziemlich im Inneren der Röhre (siehe die Figuren 4, 11, 12 und 13), zuweilen aber auch ganz nahe der Oberfläche derselben (siehe Figuren 3, 5, 8 und 14) zu liegen.

7) Beim Vertauschen der Anode und der Kathode sieht man zuweilen, wie bei den Versuchen 8 und 9, 15 und 16, dass das neue Anodencentrum an der Stelle des früheren Kathodencentrums auftritt.

8) Es steht jetzt die Frage offen, wie soll man sich das Vorkommen dieser Ausgangscentra in einer Crookes'schen Röhre vorstellen, was für eine Erklärung man dafür auf Grund der ermittelten Thatsachen vorschlagen darf. Stehen diese Ausgangscentra in unmittelbarer Abhängigkeit von dem grünen Leuchten der Röhre unter der Einwirkung der die Wände der Röhre treffenden Kathodenstrahlen, oder haben sie einen besonderen Ursprung?

Man kann erstens annehmen, dass das Hauptcentrum der X-Strahlen an der Stelle sich befindet, wo die Kathodenstrahlen die Glaswand treffen und starke Fluorescenz hervorrufen. Dieser Annahme widerspricht nicht die Thatsache, dass im Allgemeinen die Ausgangspunkte nicht mit den Conturen der Röhre coincidiren, sondern etwas im Innern der Röhre zu liegen scheinen, da, wenn man beachtet, dass der Fluoreszenzfleck gewisse Dimensionen besitzt, man leicht ersieht, dass diejenigen Theile der fluorescirenden Glaswand, welche der photographischen Platte am nächsten liegen und folglich die stärkste photochemische Wirkung ausüben müssen, nicht dem Scheitel der Röhre entsprechen, sondern von demselben in einem Abstand von wenigen mm liegen werden. Das Vorhandensein der weiter entfernten Centra würde sich schwerer von diesem Standpunkt aus erklären lassen, da besonders beim Versuch 5 (Fig. 6) sich ein ziemlich starker Fluoreszenzfleck auf der Glaswand gegenüber der concaven Kathode fand und trotzdem an dieser Stelle kein Centrum zu erkennen ist. Die ziemlich weit von der Oberfläche entfernten Centra bei den Versuchen 3 (Fig. 4), 17 und 21 könnte man eventuell erklären, wenn man die erste Annahme etwas

erweitern würde, etwa in dem Sinn, dass die Ausgangscentra der X-Strahlen sich dort befinden, wo die Kathodenstrahlen ein Hinderniss treffen, da in diesen drei erwähnten Fällen die Anoden auf dem Wege der Kathodenstrahlen lagen und die Centra in der That ganz in der Nähe der entsprechenden Anode zu liegen scheinen. Eine andere Schwierigkeit dieser ersten Annahme bezüglich des Ursprungsortes der X-Strahlen liegt darin, dass der Fluoreszenzfleck zuweilen sehr grosse Dimensionen hat und zuweilen gar das ganze Rohr aufzuleuchten scheint und trotzdem die Ausgangscentra im Allgemeinen scharf ausgeprägt sind. Wie würde man ferner das Entstehen mancher secundären Centra auf diese Weise erklären, wie z. B. in den Versuchen 4 (Fig. 5) und 15 (Fig. 12), deren Lage ziemlich unabhängig von besonderen Fluoreszenzerscheinungen zu sein scheint? Auf alle diese Schwierigkeiten mag hiermit hingewiesen sein.

Man könnte aber für die Gesamtheit der beobachteten Thatsachen noch eine zweite Erklärung versuchen. Würde man von vornherein voraussetzen, dass die kleinsten Theile der in einer Crookes'schen Röhre befindlichen äusserst verdünnten Materie unter der Einwirkung eines kräftigen Stromes in Stand gesetzt werden können, solche Schwingungen auszusenden, welche den X-Strahlen entsprechen, so könnte man sich das Vorkommen gewisser Ausgangscentra leicht vorstellen. Nimmt man nämlich mit vielen Physikern an, dass die Kathodenstrahlen aus einem Strom materieller Theilchen bestehen, so ist es wohl denkbar, dass nach den Gesetzen der gewöhnlichen Reflexion sich leicht gewisse mehr oder weniger ausgedehnte Centra oder Brennpunkte im Inneren der Röhre bilden, in welchen die kleinsten sich bewegenden Theile der Materie sich concentriren und wo folglich die Intensität der Strahlung in der Weise zunimmt, dass ein Ausgangscentrum der X-Strahlen zu Stande kommt. Dieser materielle Strom soll hauptsächlich von der Kathode ausgehen, was auch die grössere Intensität des Kathodencentrums bedingen würde; aber auch die Anode könnte vielleicht in derselben Weise, wenn auch schwächer, wirken und ein besonderes Anodencentrum hervorrufen. Man kann in der That oft constatiren, dass auch die Anode zu einer gewissen Fluoreszenzerscheinung Anlass giebt, was schon auf eine gewisse Ausströmung aus der Anode unmittelbar hinweist. Wie diese Strömungen, welche die Entstehung der Ausgangscentra der X-Strahlen bedingen, von den Electroden ausgehen, lässt sich schwer constatiren; vielleicht ist ihre Richtung normal zu den Electrodenflächen, vielleicht aber gehen sie auch aus den Stellen stärkster Krümmung aus, wie beim Ausströmen aus Spitzen, eine Ansicht, die nicht ganz unwahrscheinlich erscheint. Man könnte sich dann ohne Schwierigkeit die Bildung gewisser Brennpunkte vorstellen, die an denjenigen Stellen der Röhre liegen würden, wo die Kathodenstrahlen sich am stärksten concentriren, also gewöhnlich in der Nähe der Stellen, wo die Fluorescenz am stärksten hervortritt, was mit den beobachteten Thatsachen in vollkommener Uebereinstimmung stehen würde. Ausserdem lassen sich von diesem Standpunkt aus die weit von der Oberfläche liegenden Centra, so wie auch die Bildung anderer, secundärer Centra, welche schwächeren, secundären Brennpunkten entsprechen würden, recht gut erklären. Da aber die angewandten

Röhren keine einfachen geometrischen Gebilde darstellen, folglich keine eigentlichen Brennpunkte aufweisen können, so lässt sich leicht erklären, warum diese beobachteten Ausgangscentra keine scharfen Punkte sind, sondern eine gewisse Ausdehnung besitzen. Diese zweite Erklärungsweise scheint auch weniger complicirte Vorgänge in der Röhre vorauszusetzen.

Welche von diesen beiden Erklärungen vorzuziehen wäre, mag einstweilen dahin gestellt bleiben; möglicherweise kann auch ein Zusammenwirken beider Ursachen stattfinden¹⁾.

§ 3.

Ueber die Polarisation der X-Strahlen.

Zur Entscheidung der Frage, ob wir im Falle der X-Strahlen es wirklich mit transversalen oder mit longitudinalen Schwingungen des Aethers zu thun haben, haben wir vergebens Versuche mit parallelen und gekreuzten Nicols, gleichwie mit parallel und gekreuzt liegenden Turmalinplatten, die von oben mit X-Strahlen belichtet wurden, angestellt.

Da aber kein bemerkbarer Unterschied in der Durchlässigkeit der X-Strahlen bei verschieden orientirten Nicols oder Turmalinplatten im Verlaufe unserer Untersuchungen unzweideutig nachgewiesen werden konnte, so haben wir versucht, dieselben Untersuchungen mit sehr dünnen Platten des grünlichbraunen Turmalins (Brasilien?) auszuführen, denn solche Platten müssen selbstverständlich eher als die dickeren von jeder Art Strahlen durchdrungen werden.

Die vorläufigen Beobachtungen über die Absorbirbarkeit der X-Strahlen gegenüber verschiedenen Mineralien (Apatit, Alexandrit, Aquamarin, Beryll, Cuprit, Epidot, Feldspath, Granat, Heteromerit, Korund, Quarz, Smaragd, Turmalin und Zirkon) haben uns gezeigt, dass der Turmalin und der Beryll, besonders in dünnen Platten, wahrscheinlich relativ leichter als die anderen angeführten Mineralien von X-Strahlen durchdrungen werden.

Wir haben also drei der Hauptaxe parallele Turmalinplatten von gleicher Dicke, etwa 0,52 mm schleifen lassen; ihre Länge und Breite betrug einige Millimeter.

Die etwas grössere Platte wurde auf eine in zwei für gewöhnliches Licht undurchsichtige Couverts eingeschlossene lichtempfindliche Platte aufgelegt. Zwischen beiden befand sich noch eine ungefähr 1 mm dicke Holzplatte, so dass von einer direkten Lichtwirkung nicht die Rede sein konnte. Diese Turmalinplatte wurde von den zwei etwas kleineren so bedeckt, dass die Hauptaxe der einen parallel, die der anderen senkrecht zur Hauptaxe der unteren Platte lag. Diese Polarisationsvorrichtung wurde von oben mit X-Strahlen belichtet, so

1) Die neuesten nach Einreichung dieser Schrift der Akademie uns bekannt gewordenen Thatsachen scheinen darauf hinzudeuten, dass die Hauptrolle bei der Entstehung der X-Strahlen den Fluoreszenzerscheinungen zukommt.

dass die zwei oberen Platten die Rolle eines Polarisators, die etwas grössere, untere Platte die eines Analysators spielte.

Um die Beobachtungen zu controliren, haben wir mehrfach die oberen Platten umgetauscht, um einen eventuellen Einfluss irgend welcher Inhomogenitäten oder Ungleichheit der Plattendicke zu eliminiren. In dieser Weise haben wir acht verschiedene Negative erhalten. Alle unsere Negative und Positive zeigen einen Unterschied in dem Auslösungsgrade der beiden Felder der unteren Platte: das Feld der gekreuzten Platten löscht nämlich mehr aus als das der parallelen Platten. Da aber der Unterschied in der Auslöschung der verschiedenen Absorptionsfelder der analysirenden Turmalinplatte uns nicht stark genug ausgeprägt schien, so haben wir uns an Herrn E. v. Burinsky gewandt, der in letzterer Zeit eine höchst elegante Methode der Verstärkung schwacher Contraste in photographischen Negativen vorgeschlagen hat, die auf dem Princip der Superposition mehrerer Negative beruht¹⁾.

Die mittelst dieser ausgezeichneten Methode erhaltenen verstärkten Negative weisen denselben Unterschied in einem so erhöhten Maasse auf, dass es keinen Zweifel mehr an der wahren Natur der Erscheinung geben kann: auf sämtlichen Negativen sieht man, dass, wie gesagt, die maximale Absorption dem Felde der gekreuzten Platten entspricht (Vergl. Fig. 17²⁾).

Aus diesen Thatsachen lässt sich wohl, wenn man von ganz besonderen, ziemlich unwahrscheinlichen Fluoreszenzwirkungen absieht, der Schluss ziehen, dass wir es bei den X-Strahlen wirklich mit transversalen und nicht mit longitudinalen Schwingungen des Aethers zu thun haben, welches Resultat der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St-Petersburg am 21 Februar (4 März) und 6/18 März mitgetheilt wurde.

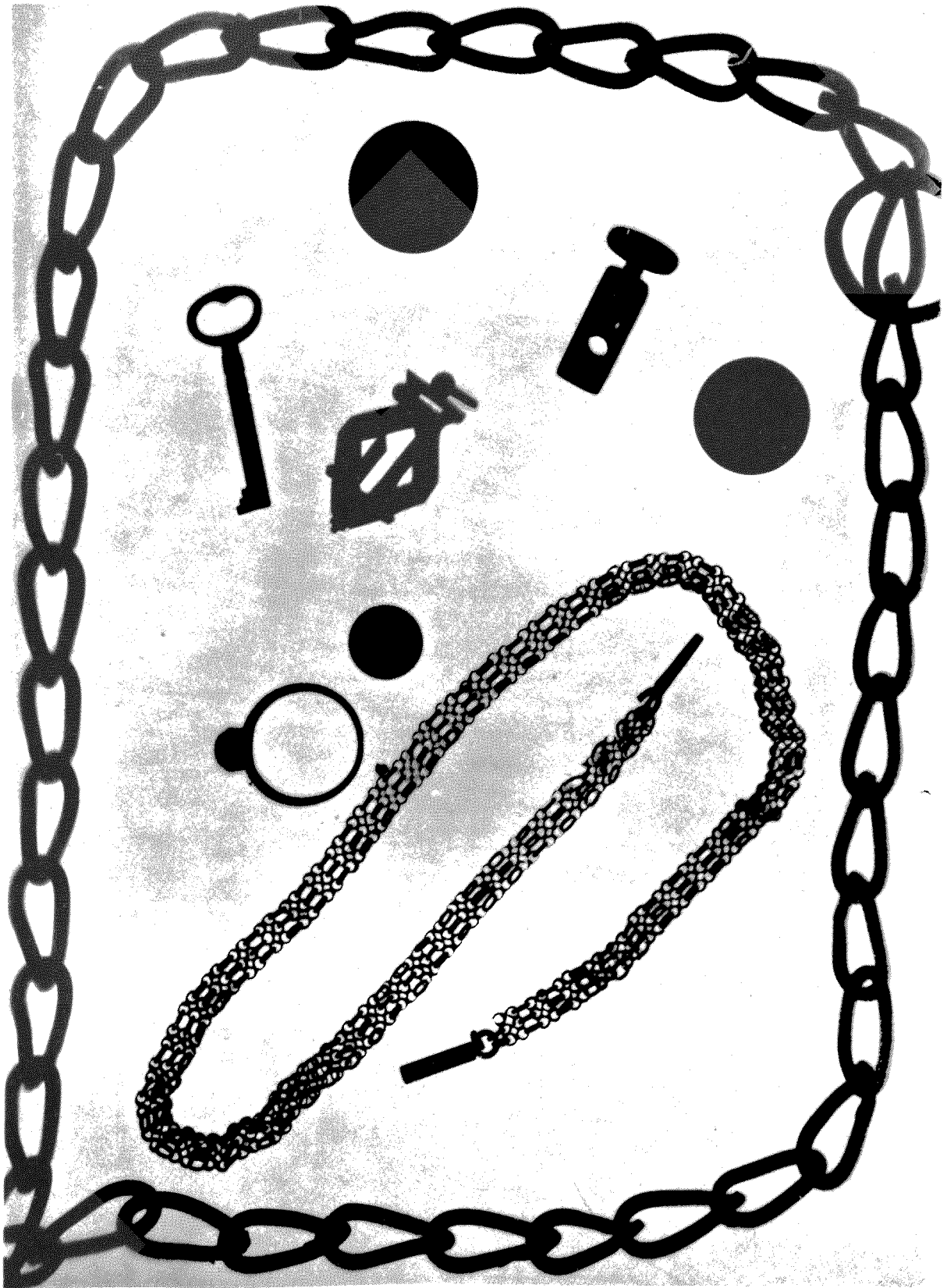
Zum Schluss möchten wir dem Assistenten des physikalischen Laboratoriums der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften Herrn J. Goldberg, gleichwie Herrn E. v. Burinsky für ihre freundliche und schätzbare Beihilfe bei der Ausführung dieser Arbeit unseren besten Dank aussprechen.

1) Bull. de l'Ac. Imp. des Sc. de St.-Petersbourg. № 4. Avril. p. CLXII. 1895.

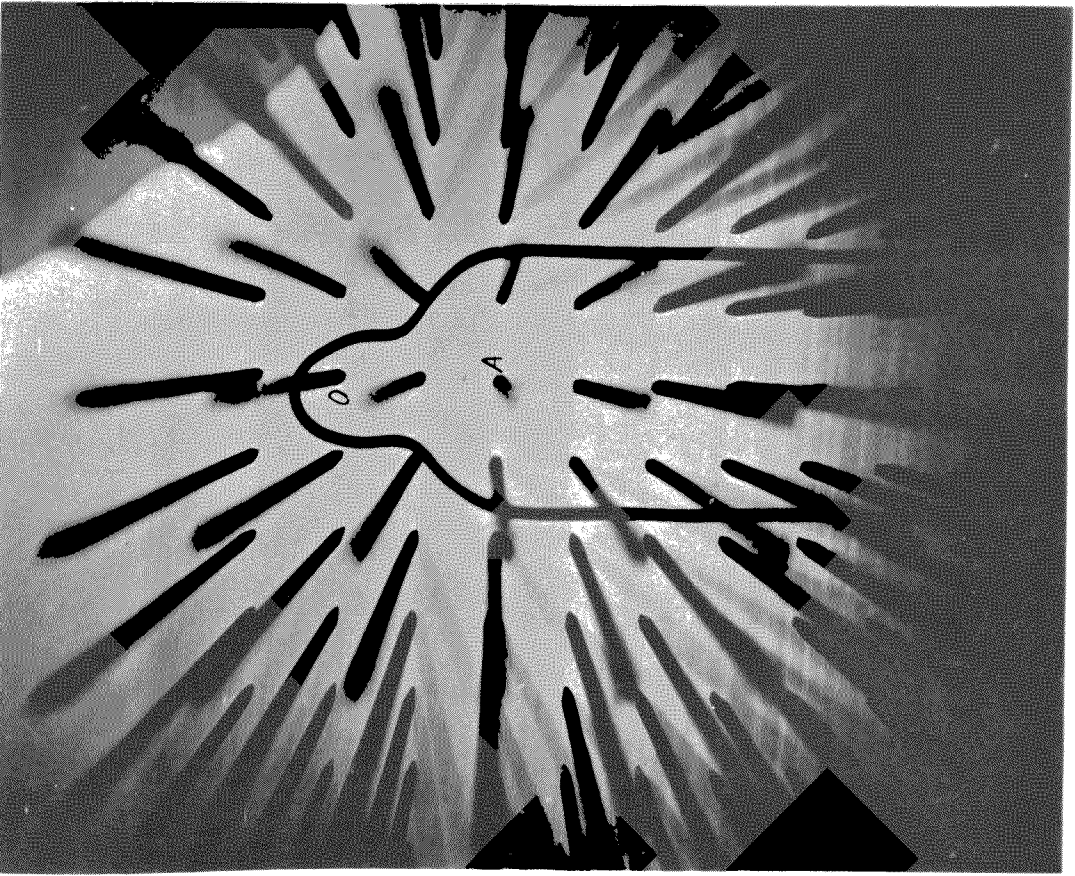
2) Dort, wo die Plattenaxen parallel stehen, befindet sich entweder eine Münze oder zwei parallele Drahtstücke.

1.

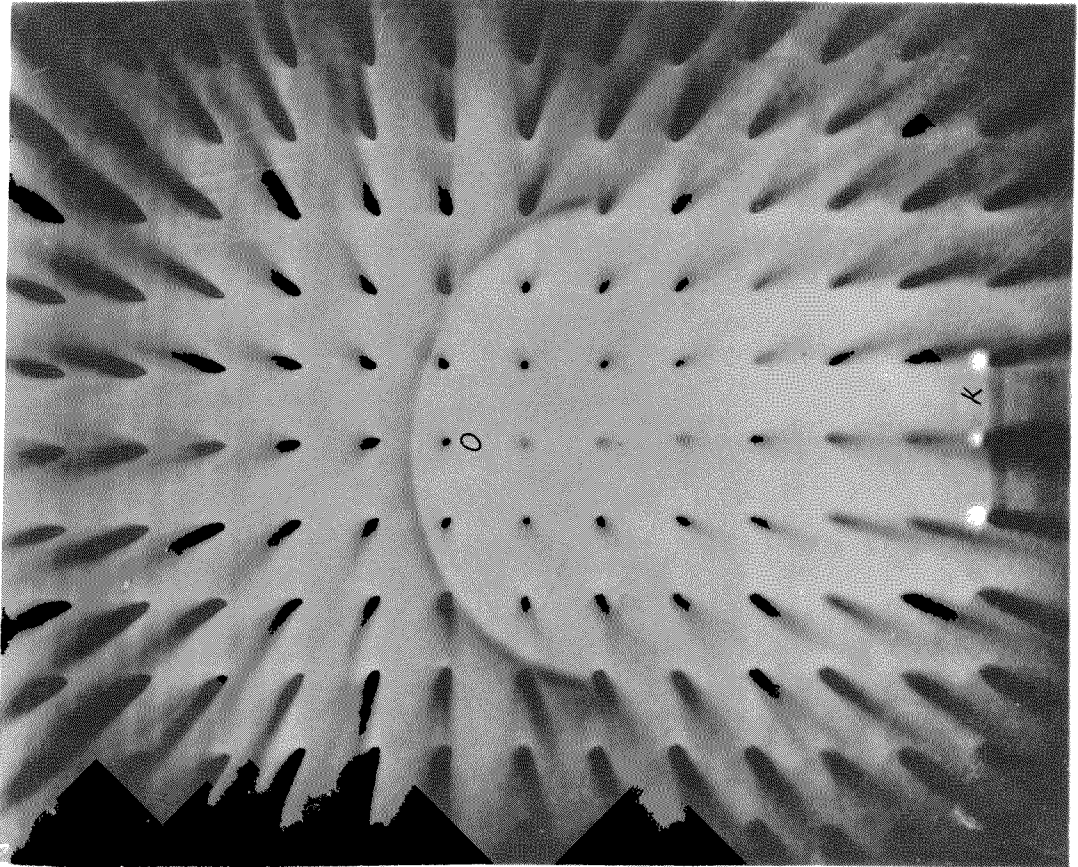




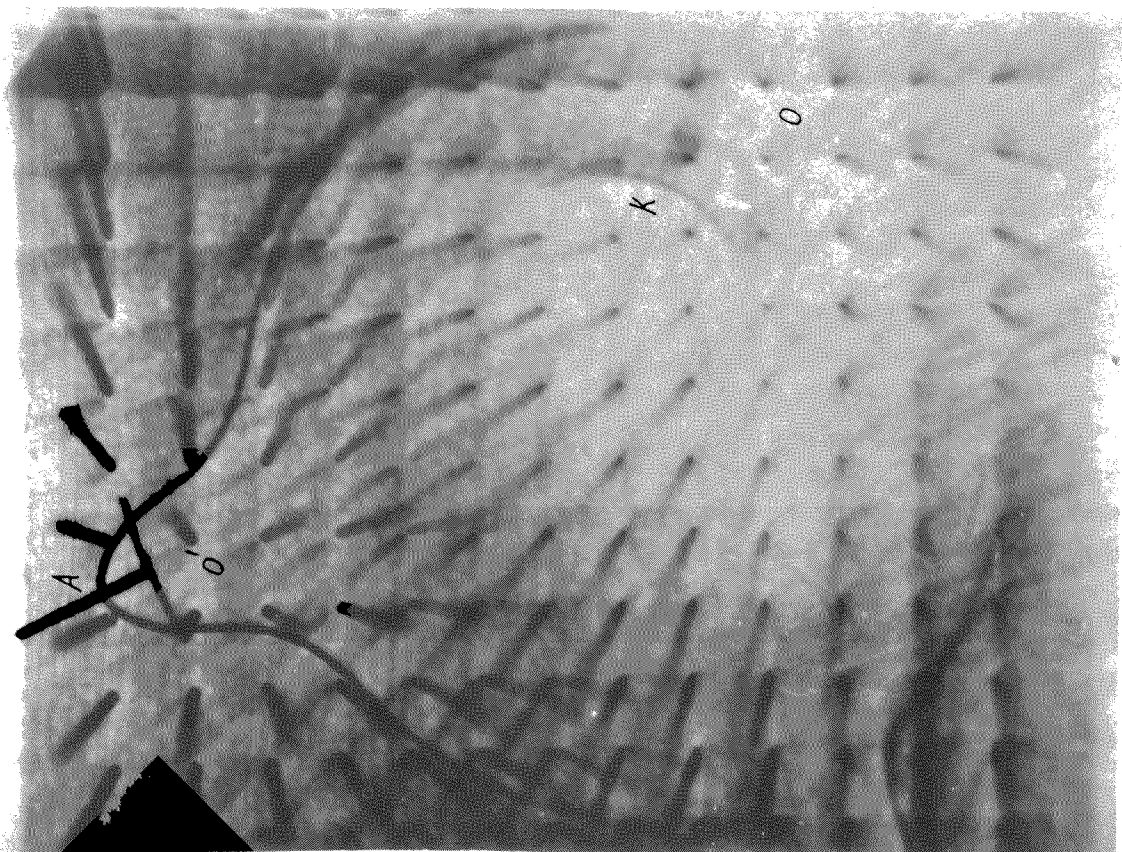
4.



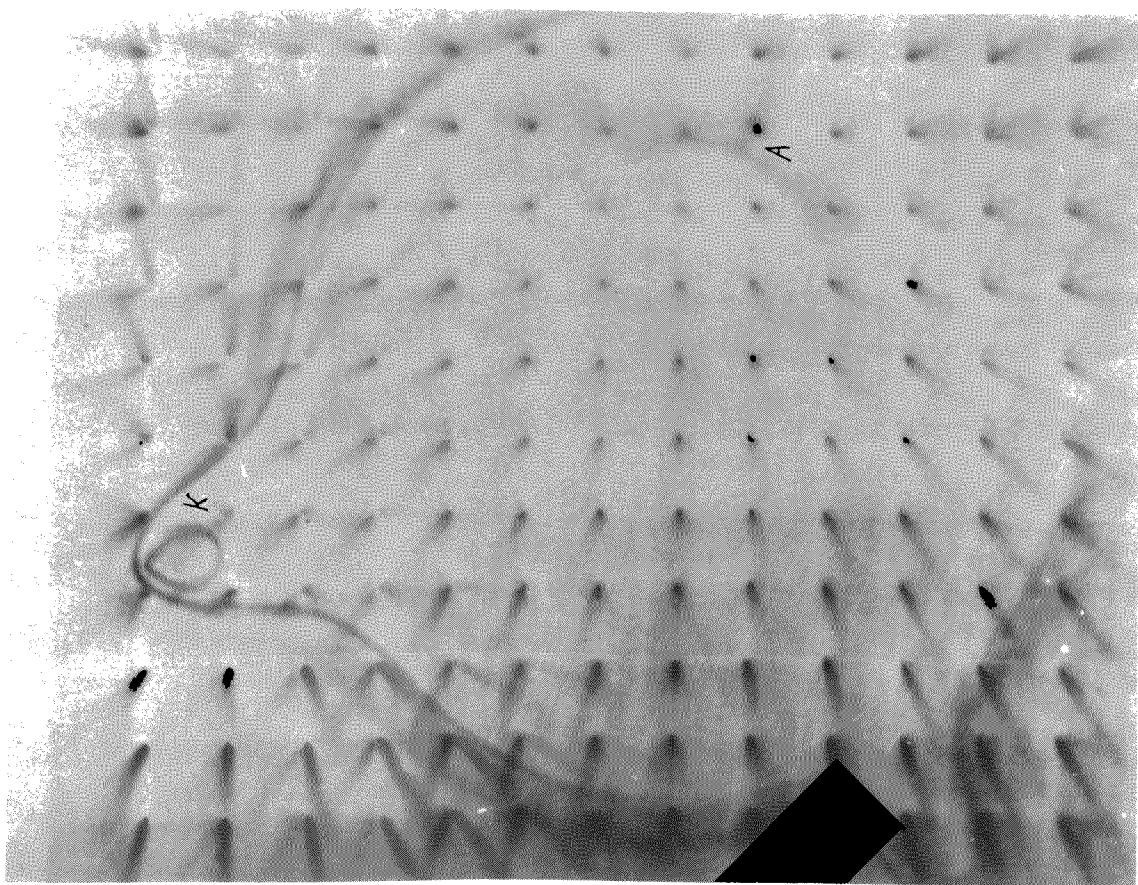
3.



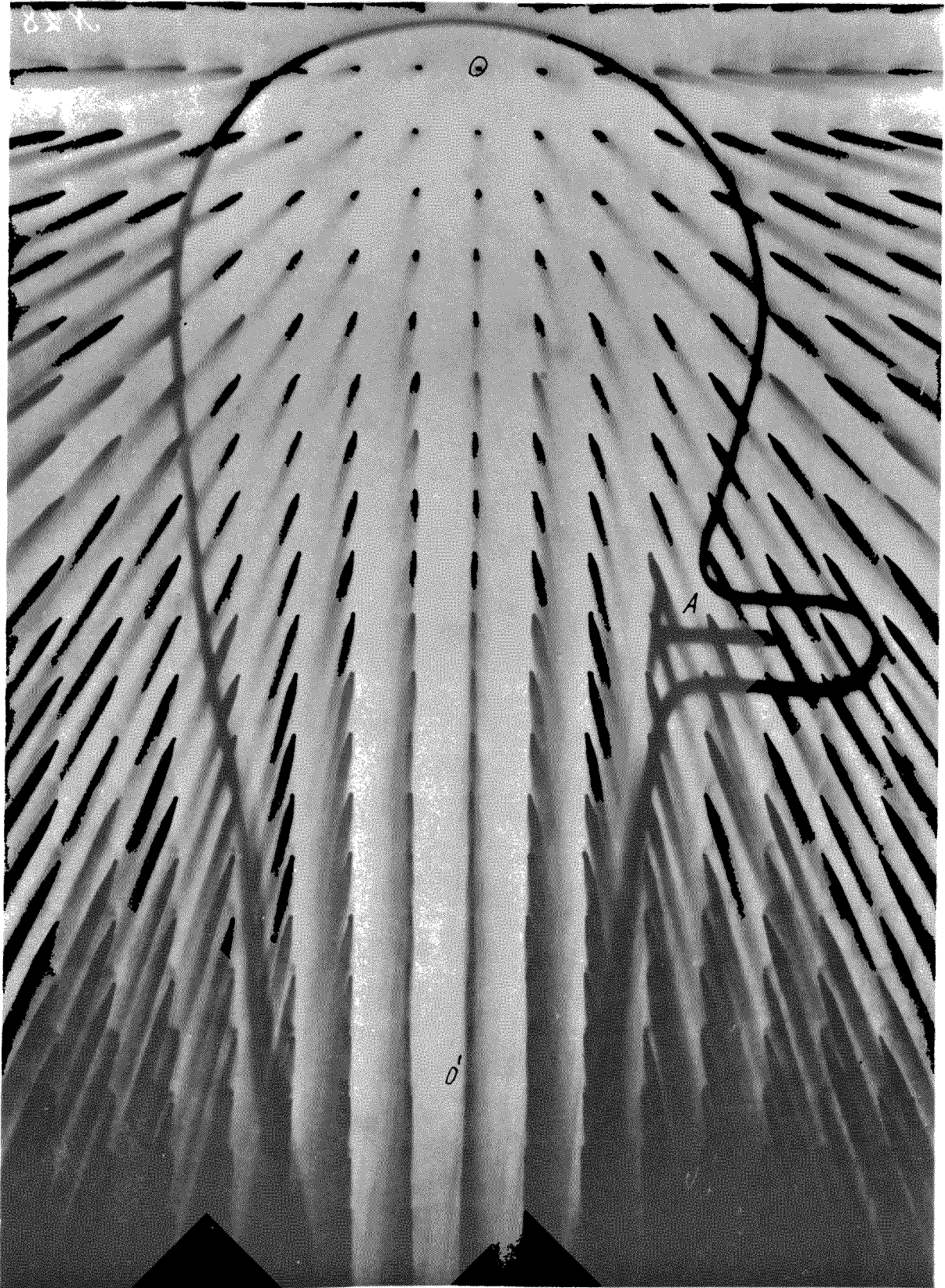
6.

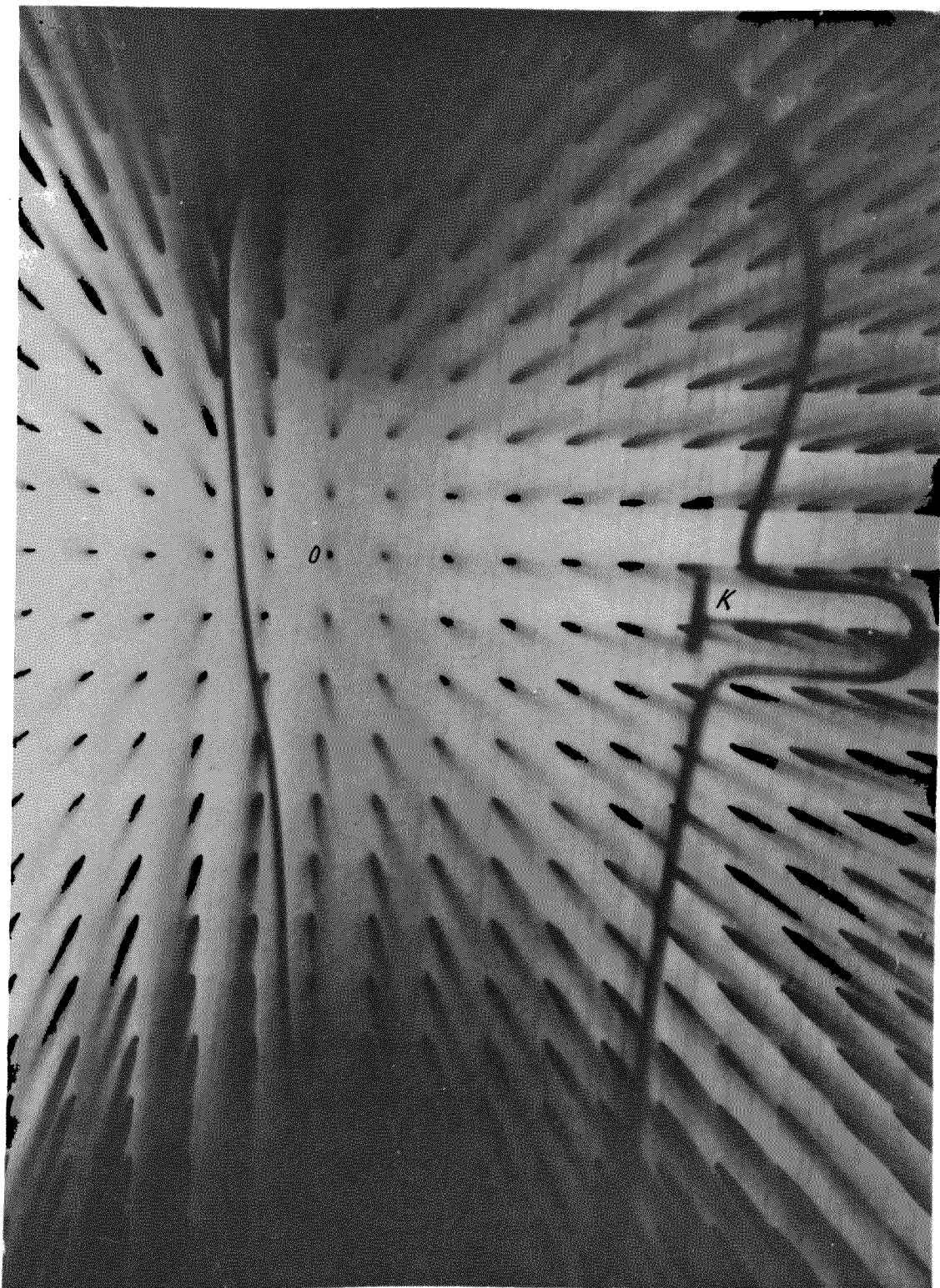


7.

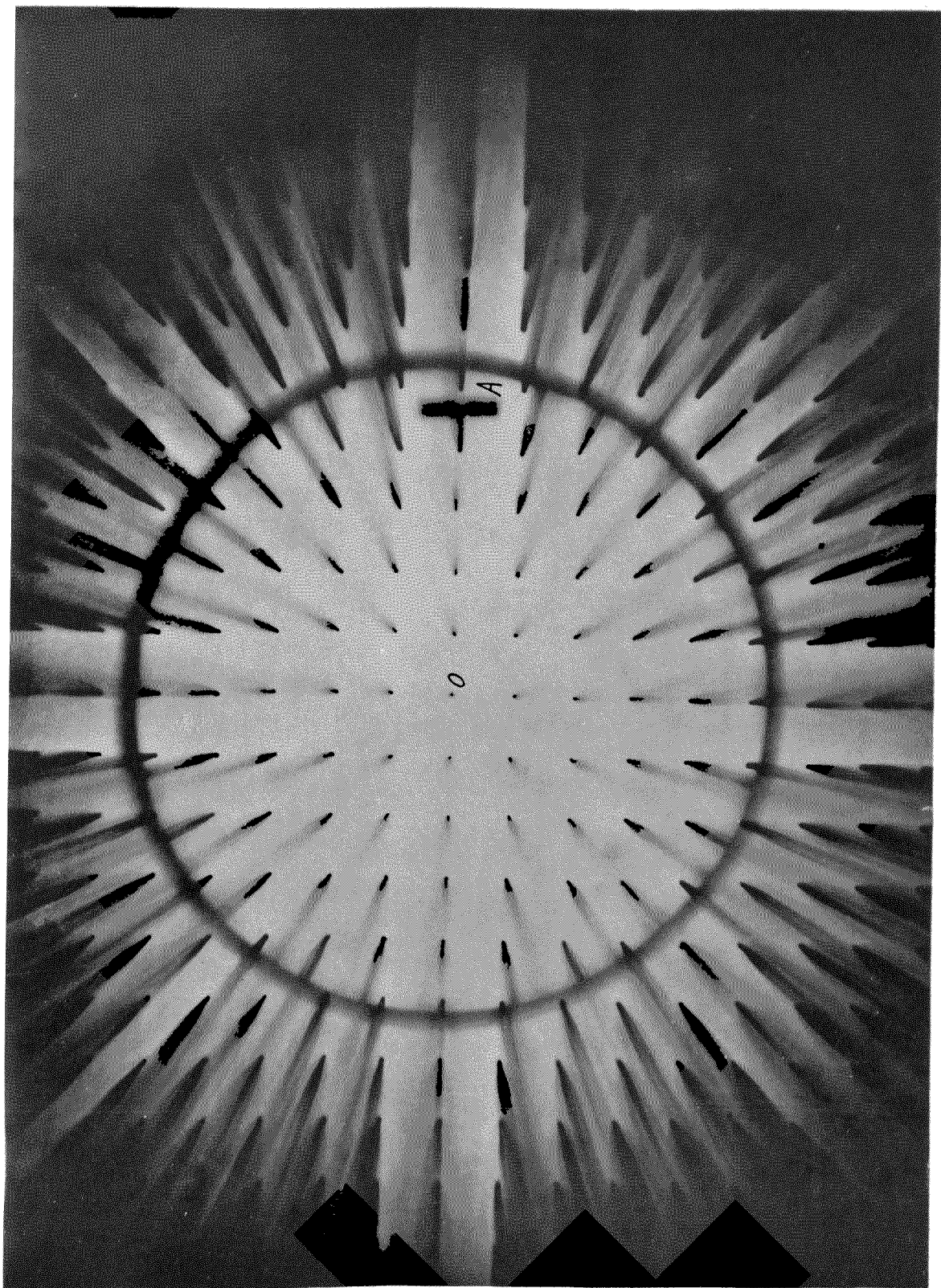


8.

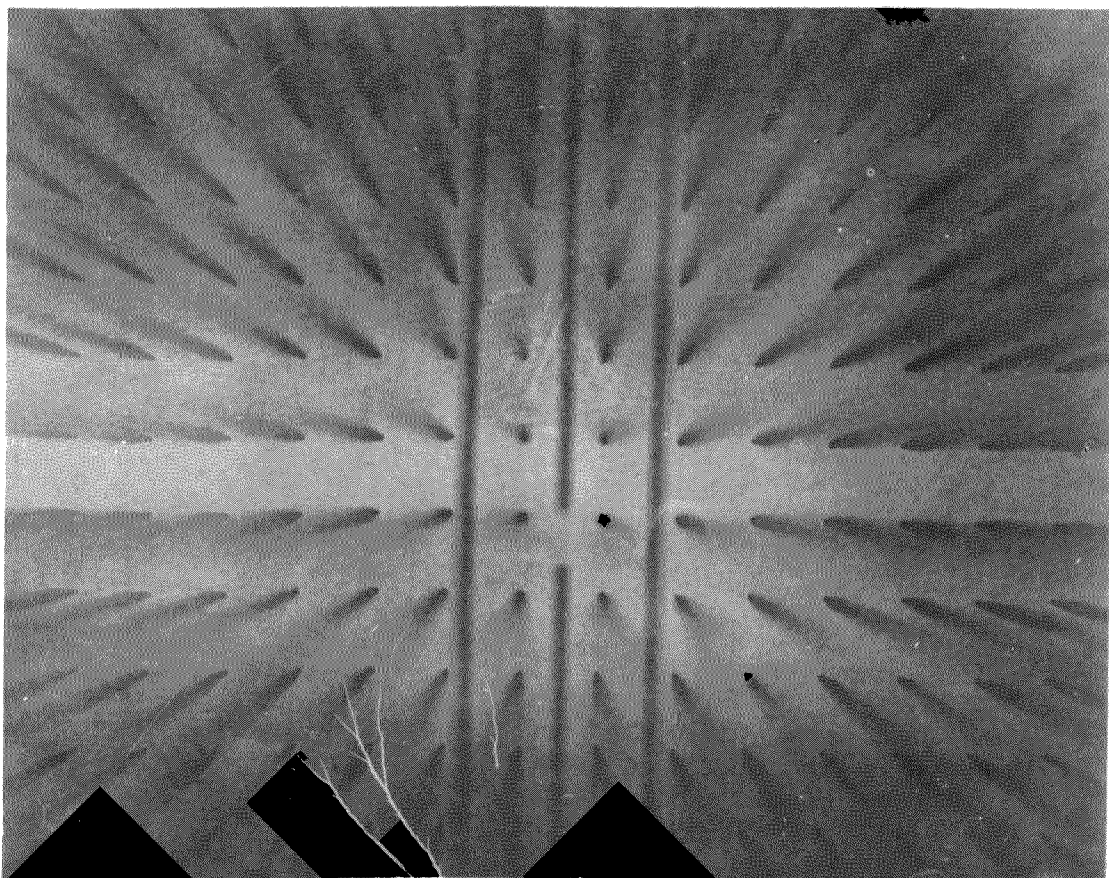




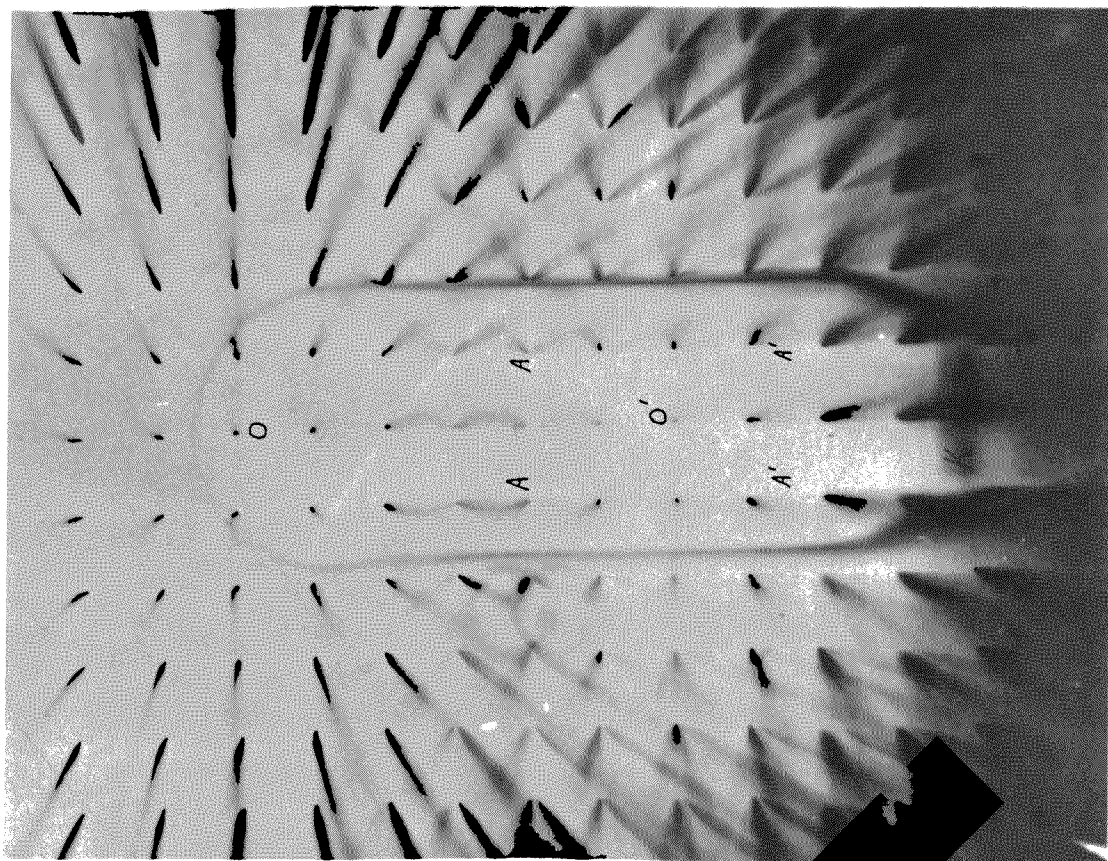
10.



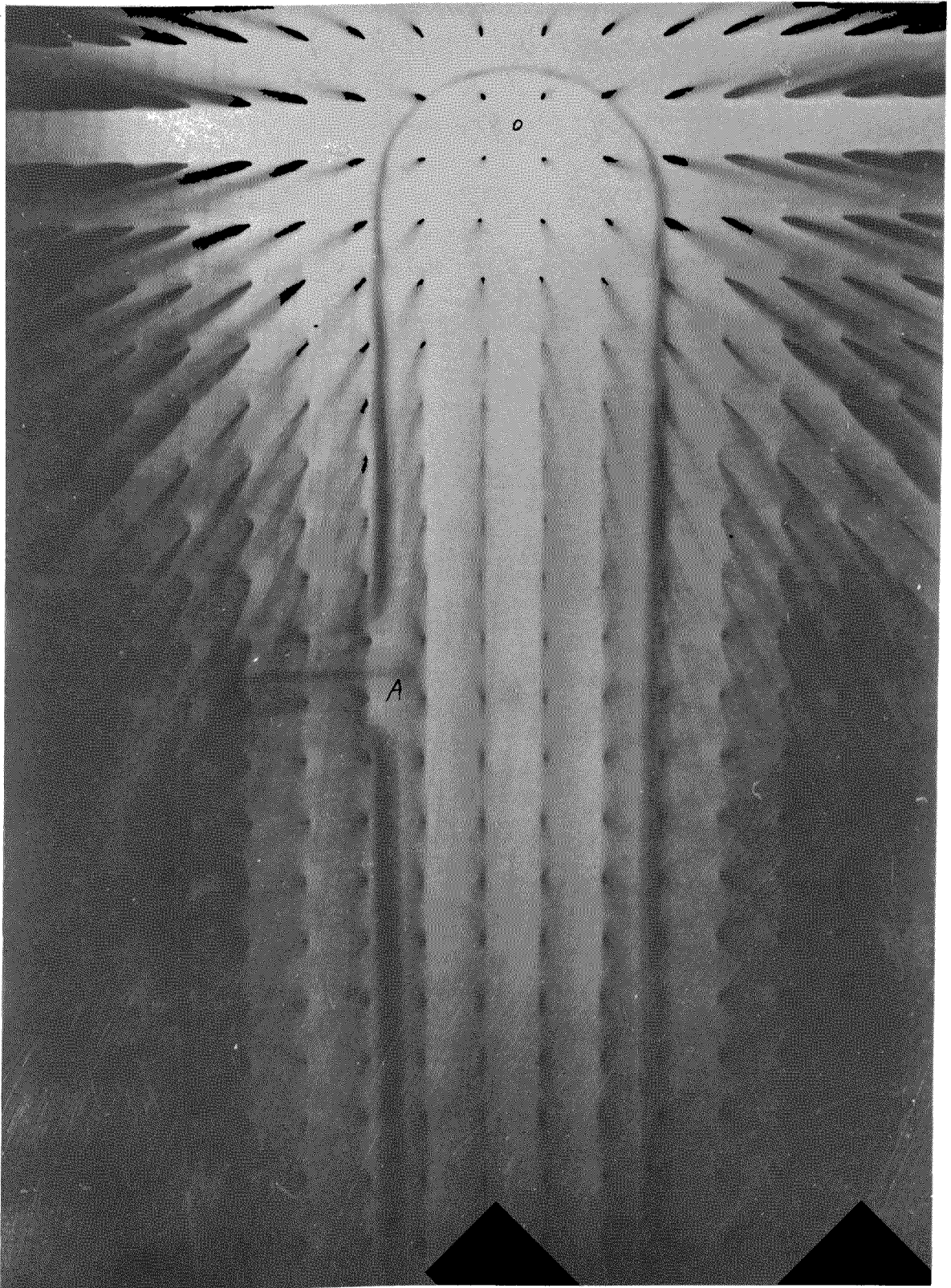
II.



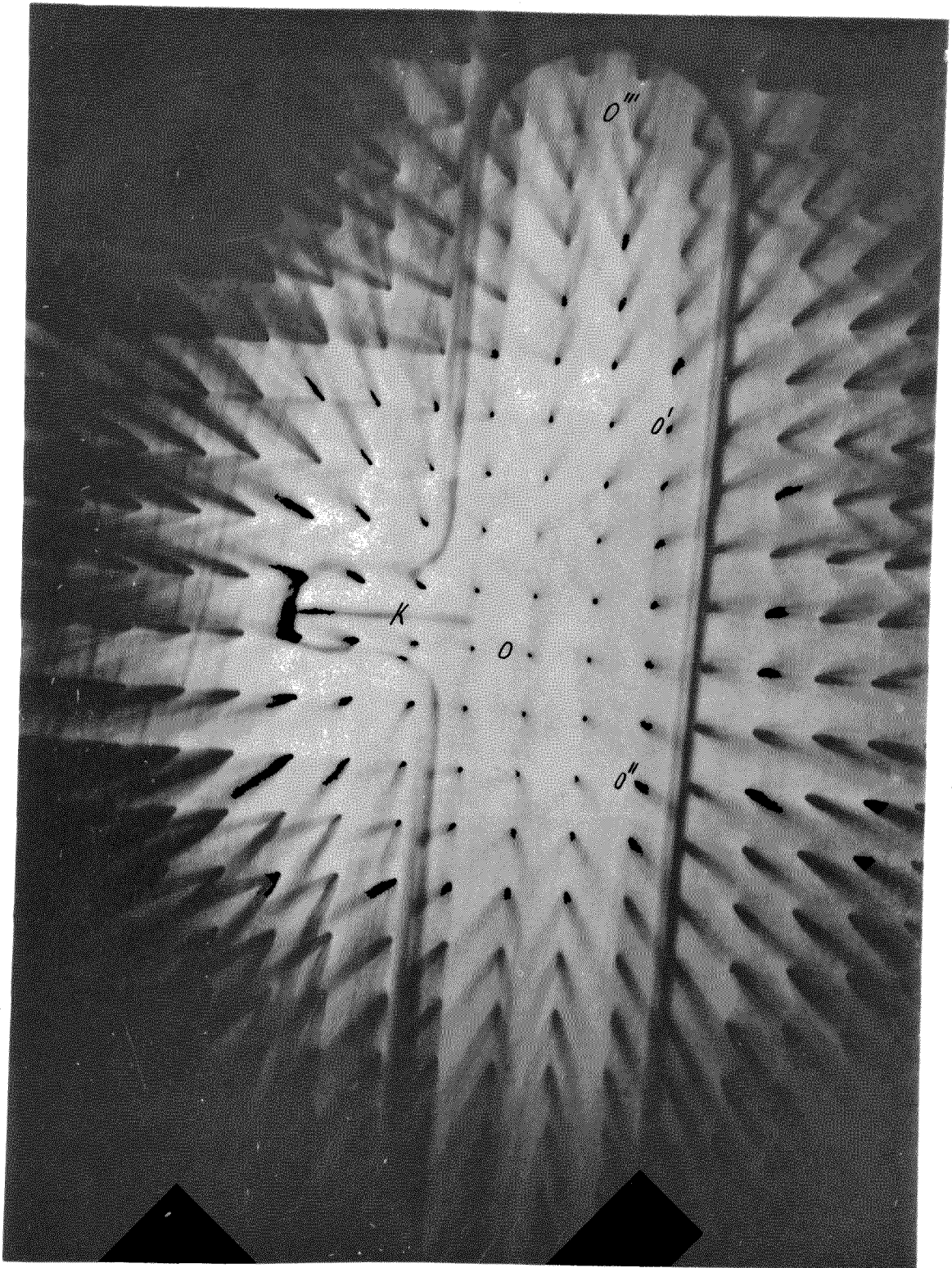
III.

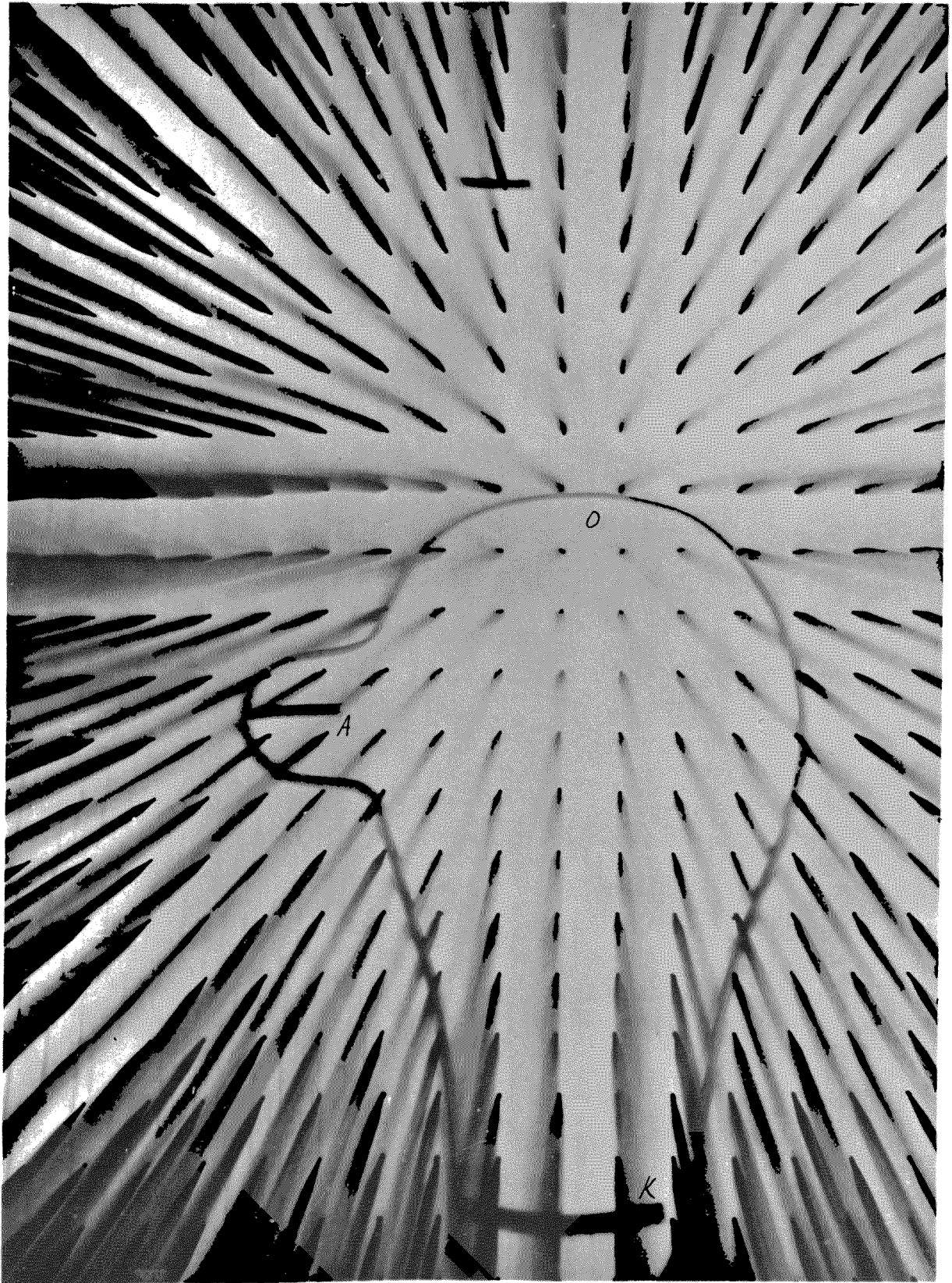


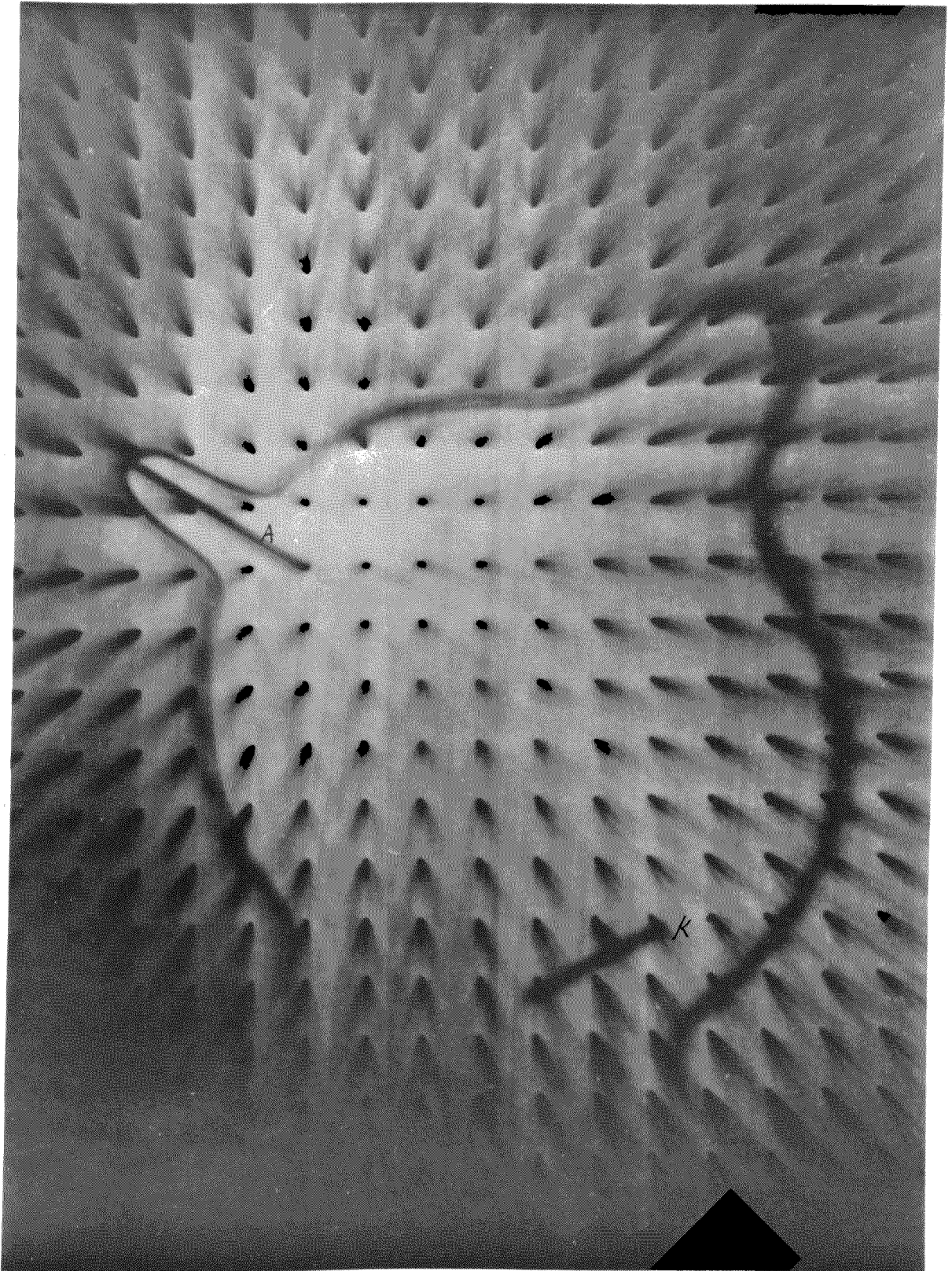
12.

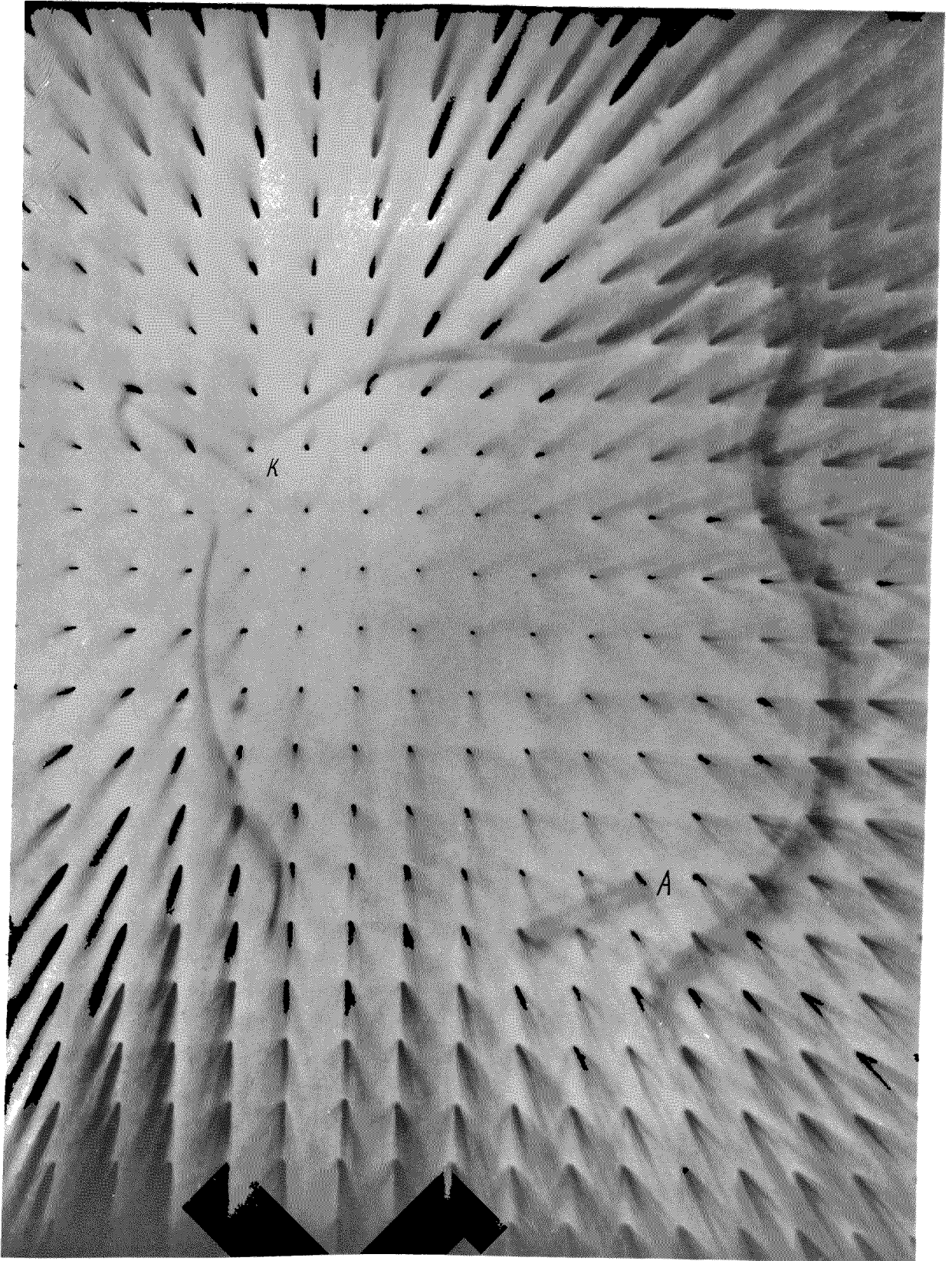


13.

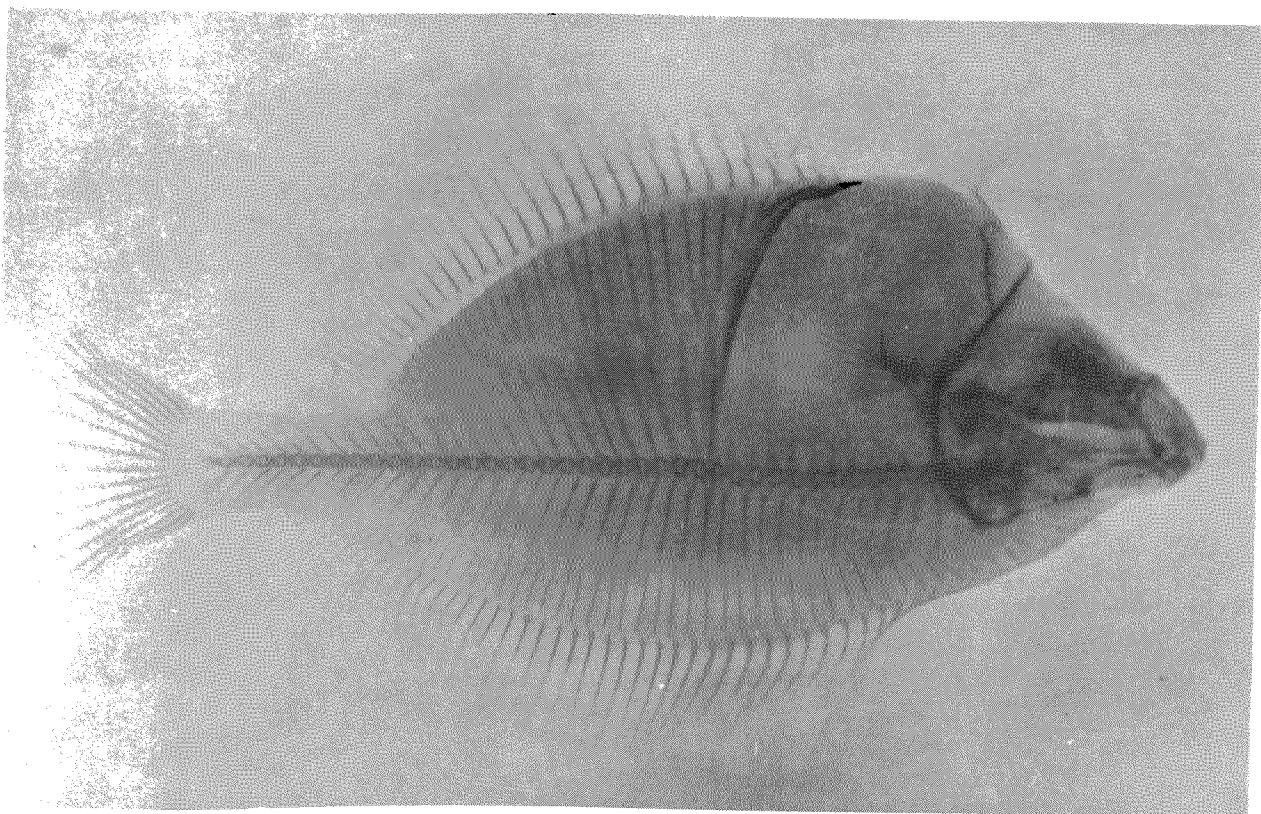








18.



17.

